

**ANALISA *PERMANENT MAGNET SYCHRONOUS* GENERATOR
DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI ARAH ROTOR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ASARA ZETA FAIHA

D400170015

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

Analisa Permanent Magnet Synchronous Generator Dengan Menggunakan Variasi Arah Rotor

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ASARA ZETA FAIHA

D400170015

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, ST., MT.

NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

Analisa Permanent Magnet Synchronous Generator Dengan Menggunakan Variasi Arah Rotor

OLEH

Asara Zeta Faiha

D400170015

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 26 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST., MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, ST., MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hayim Asy'ari, ST., MT.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan,

Rois Fatoni, S.T., M.Sc.Ph.D

NIK. 060

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Juli 2021

Penulis



Asara Zeta Faiha

D400170015

ANALISA PERMANENT MAGNET SYCHRONOUS GENERATOR DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI ARAH ROTOR

Abstrak

Generator adalah suatu alat atau mesin yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, dengan proses induksi elektromagnetik.. Generator sinkron magnet (PMSG) adalah generator yang medan eksistasinya dihasilkan oleh magnet permanen bukan kumparan sehingga fluks magnetik dihasilkan oleh medan magnet permanen. Keunggulan magnet permanen adalah tidak ditemukan rugi-rugi pada eksitasi dikarenakan medan magnet langsung dari magnet dan memungkinkan banyak modifikasi pada bentuk stator dan rotor. Generator menggunakan magnet permanen memiliki banyak keunggulan dibandingkan menggunakan eksitasi elektromagnetik. Pada *paper* ini akan dilakukan analisa mengenai generator sinkron permanen magnet menggunakan variasi arah putar rotor. Perancangan generator menggunakan $\frac{1}{4}$ model yang akan berulang setiap 90° dan memiliki 3 *slot* kumparan dan 2 kutub magnet yang mendapatkan tegangan maksimal 19 v dapat dilihat pada gelombang tegangan antar fasa dan dihitung menggunakan perhitungan fasa 4 seri. Hasil yang didapat setelah menggunakan variasi arah rotor yang berbeda yaitu dapat dilihat pada gelombang yang dihitung menggunakan tegangan antar fasa dan *flux linkage*.

Kata Kunci: Arah rotor, Generator, MagNet Infolytica, PMSG, 12S8P

Abstract

Generator is a tool or machine that converts energy, with an electromagnetic induction process. Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) is a generator whose existing field is generated by a permanent magnet instead of a coil so that magnetic flux is generated by a permanent magnetic field. The advantage of Permanent Magnet is that there are no losses on excitation due to the magnet field directly from the magnet and allows many modifications to the shape of the stator and rotor. Generators using permanent magnets have many advantages over using electromagnetic excitation. In this study, an analysis of the Permanent Magnet Synchronous Generator used a variation in the rotor's rotary direction. The design of the generator uses the model which will repeat every 90° and has 3 coil slots and 2 magnetic poles that get a maximum voltage of 19 v which can be seen in the interphase voltage wave and is calculated using a 4 series phase calculation. The results obtained after using different rotor direction variations can be seen in the waves calculated using the interphase voltage and flux linkage.

Keywords: Generator, MagNet Infolytica, PMSG, Rotor, Rotor Direction, 12s8p

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan salah satu komponen sistem pembangkit listrik yang bertugas mengubah energi gerak menjadi listrik. Generator dalam

pengoperasiannya tidak boleh melebihi kapasitas beban generator, hal ini karena jika generator diberi beban lebih maka akan terjadi pemanasan berlebih, dan akan mengakibatkan terjadinya rugi daya pada stator dan rotor generator.

K. Amei, Y. T. (2002) mengeluarkan artikel tentang sistem generator angin yang menggunakan *booster chopper* untuk kontrol pembangkitan generator sinkron magnet permanen dan menganalisis teoritis karakteristik pembangkit listrik. Karakteristik pembangkitan daya dan tegangan keluaran DC dapat dilihat dengan fungsi *duty ratio* dari *boost chopper* dan frekuensi rotasi generator.

Studi perbandingan antara generator sinkron magnet permanen fluks aksial dan radial-fluks untuk aplikasi turbin angin. Penelitian ini menggunakan PMSG yang memiliki topologi fluks aksial, mesin rotor luar fluks radial, dan mesin rotor dalam fluks radial. Analisis ini digunakan untuk membandingkan efisiensi dan perkiraan biaya bahan aktif oleh Adrian Augustin Pop, F. J. (2013)

O. Gol, B. S.N. (2003) menjelaskan pemilihan model yang sesuai untuk digunakan dalam desain generator sinkron, baik dengan gulungan medan atau eksitasi magnet. Beberapa kriteria harus dipenuhi agar model tersebut sederhana dan untuk memudahkan perhitungan dalam pembentukan fitur desain, namun tetap harus memiliki ketelitian yang cukup tinggi.

L. Wang, Y. L. (2018) menjelaskan tentang banyaknya kesalahan generator yang susah dideteksi dan mengancam keselamatan generator. Generator yang memiliki banyak gangguan diidentifikasi menggunakan beberapa metode yang menggunakan data pembangkit sinkron dari kesalahan yang ada.

Saady. (2013) menjelaskan tentang konfigurasi sistem pembangkit *wind turbine* yang dilengkapi dengan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG), dengan menggunakan generator sinkron. Generator PMSG memiliki kinerja lebih baik, efisiensi yang lebih tinggi, lebih sedikit perawatan dan bisa digunakan tanpa *gearbox*.

Silva, E. V. (2019) meneliti tentang pembuatan generator. Karya ini membahas tentang pembuatan generator sinkron menjadi regulator tegangan dari sistem yang terisolasi. Generator yang dibuat akan memasok minimum daya aktif yang diperlukan, cara ini dapat meningkatkan kapasitas pembangkit energi listrik dari generator asinkron pada tingkat minimum menjadi generator sinkron.

2. METODE

Penelitian ini penulis menggunakan penelitian pengolahan dan analisa data yang terdiri dari data keluaran dari penelitian. Penelitian ini mengambil data dengan cara simulasi dalam software MagNet Infolytica.

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir

1) Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu tahap yang dilakukan oleh penulis dalam memperoleh gambaran dalam melaksanakan penelitian dengan mencari literatur melalui jurnal.

2) Desain Generator

Desain generator dilakukan menggunakan *software* MagNet Infolytica, generator yang digunakan yaitu *Permanent Magent Synchronous Generator 12 slot 8 pole*.

3) Mengubah Variasi

Perubahan variasi pada generator dalam *software* untuk mengetahui hasil yang dikeluarkan.

4) Perhitungan dan Pengolahan Data

Perhitungan dan pengolahan data dilakukan setelah hasil dari variasi keluar dari *software*.

5) Analisa Output

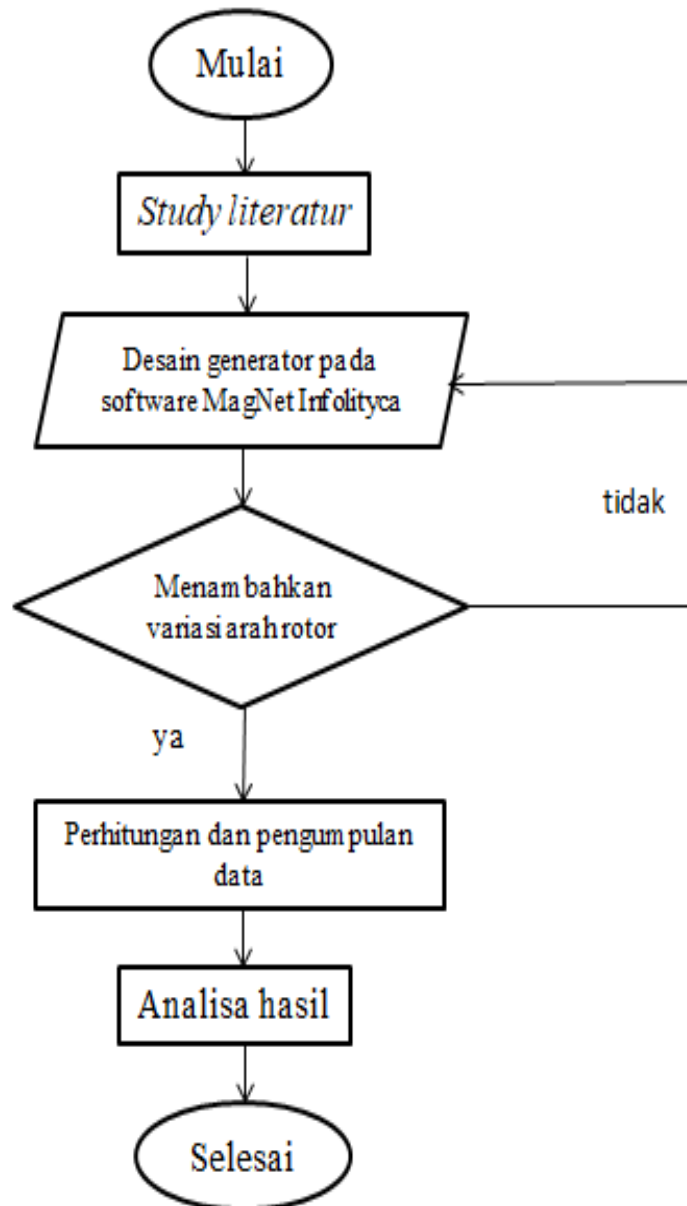
Analisa *output* dilakukan dengan melihat dan mencatat hasil yang dikeluarkan dari *software* dan mengambil kesimpulan dari hasil yang sudah dianalisa tersebut.

6) Bimbingan

Bimbingan dilakukan dengan dosen untuk menyempurnakan laporan yang akan dan sudah dibuat.

7) Pembuatan Laporan

Laporan penelitian tugas akhir dibuat sebagai bentuk dari hasil penelitian.



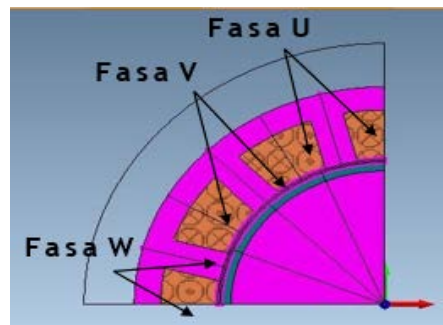
Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

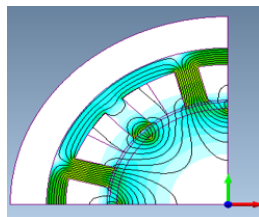
Penelitian ini merancang generator menggunakan *software* MagNet *Infolityca* dengan desain generator $\frac{1}{4}$ model PMSG 12 slot 8 pole dan menggunakan perbandingan generator original dan variasi arah rotor, arah rotor yang digunakan yaitu *clockwise* (searah jarum jam) dan *counter clockwise* (berlawanan jarum jam). Kecepatan yang digunakan yaitu 1000 rpm, dengan lilitan 10 dan tanpa beban.

3.1 Data Perbandingan Desain Generator

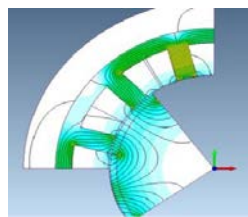
PMSG 12 slot 8 pole $\frac{1}{4}$ model sebelum divariasikan



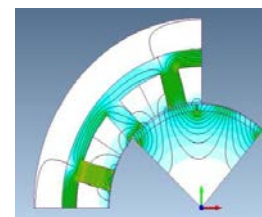
Gambar 2. Disain generator



Gambar 3. Sebelum Menggunakan Variasi



Gambar 4. Menggunakan Variasi Arah Rotor *Counter Clockwise*



Gambar 5. Menggunakan Variasi Arah Rotor *Clockwise*

Gambar di atas adalah disain *permanent magnet generator synchronous 12 slot 8 pole* yang sudah disolving.

3.2 Perhitungan Dan Hasil Simulasi

Dari disain tersebut mendapatkan data *flux linkage* yang merupakan hasil konversi nilai dari proses *solving* pada *software* dengan menggunakan sudut rotasi setiap 3° , titik awal sudut 0° sampai dengan sudut 90° .

a) Menghitung nilai tegangan *coil*

Contoh perhitungan untuk tegangan fasa *coil 1*. Untuk *coil 2*, dan *coil 3* perhitungan memakai rumus yang sama.

$$E_{coil} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

$$E_{coil} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{0,006336099-0,005813614}{0,0005 \text{ s}} = 1,04496894 \text{ v}$$

Keterangan :

E-coil : Tegangan pada masing-masing *coil*

$\Delta\phi$: Perubahan *flux linkage* (Wb)

Δt : Rentang waktu 0,0005 s

Rumus diatas digunakan untuk mencari nilai tegangan ¼ model PMSG 12 slot 8 pole pada setiap *coil*. Nilai tegangan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai *flux linkage* dan tegangan 1 fasa

Sudut Rotasi	Flux Linkage (Wb)			Tegangan 1 Fasa (v)		
	Coil 1	Coil 2	Coil 3	Coil 1	Coil 2	Coil 3
0	0,005813614	-0,001485039	-0,005813482	1,04496894	-2,96859	1,463566
3	0,006336099	-0,001484425	-0,005081699	0,600279736	-2,86481	1,93450
6	0,006636239	-0,002916828	-0,004114447	9,10489E-05	-2,39527	2,39520
9	0,006636284	-0,00411446	-0,002916845	-0,60023399	-1,9346	2,86483
12	0,006336167	-0,005081762	-0,001484429	-1,04558405	-1,46324	2,96886
15	0,005813375	-0,005813384	0,001484431	-1,46328056	-1,04552	2,96885
18	0,005081735	-0,006336143	0,001484428	-1,93454239	-0,60034	2,86483
21	0,004114464	-0,006636311	0,002916846	-2,39524081	2,12E-05	2,3952
24	0,002916843	-0,006636301	0,004114466	-2,8648521	0,600316	1,93455
27	0,001484417	-0,006336143	0,005081746	-2,96881081	1,045321	1,46344
30	1,18E-08	-0,005813482	0,005813468	-2,96881853	1,463275	1,04549
33	-0,001484397	-0,005081845	0,006336214	-2,86503747	1,934747	0,600329
36	-0,002916916	-0,004114471	0,006636378	-2,39510207	2,395177	-6,1E-05
39	-0,004114467	-0,002916883	0,006636347	-1,9347067	2,864924	-0,60025
42	-0,005081821	-0,001484421	0,006336222	-1,46340638	2,968989	-1,04553
45	-0,005813524	7,37E-08	0,005813455	-1,0455005	2,968802	-1,46325
48	-0,006336274	0,001484475	0,005081828	-0,60023576	2,864838	-1,93465
51	-0,006636392	0,002916894	0,004114502	-4,8066E-05	2,395102	-2,39501
54	-0,006636416	0,004114445	0,002916999	0,600393751	1,934727	-2,8652
57	-0,006336219	0,005081809	0,001484398	1,045432821	1,463401	-2,9688
60	-0,005813503	0,005813509	-3,75E-10	1,463422723	1,045385	-2,96879
63	-0,005081791	0,006336202	-0,001484394	1,934759133	0,600213	-2,865
66	-0,004114412	0,006636308	-0,002916892	2,395187671	-4,9E-06	-2,39516

69	-0,002916818	0,006636306	-0,004114471	2,864946073	-0,60024	-1,93469
72	-0,001484345	0,006336185	-0,005081815	2,968776956	-1,04545	-1,46338
75	4,36E-08	0,005813462	-0,005813505	2,968797663	-1,46339	-1,04542
78	0,001484442	0,005081768	-0,006336215	2,865024699	-1,93474	-0,60024
81	0,002916955	0,004114397	-0,006636335	2,394815191	-2,39473	-8,1E-05
84	0,004114362	0,002917034	-0,006636375	1,934825706	-2,86528	0,600362
87	0,005081775	0,001484394	-0,006336195	1,463461435	-2,96883	1,045416
90	0,005813506	-2,06E-08	-0,005813486	1,045185578	-2,96881	1,463575

Flux linkage digunakan untuk menghasilkan Gaya Gerak Listrik (GGL). Terdapat tiga cara untuk menaikkan nilai *flux linkage* yang dapat dihasilkan melalui induksi magnet yaitu, meningkatkan medan magnet, memperluas area, memperbanyak lilitan *coil*.

Setelah menghitung nilai tegangan 1 fasa yang didapat lalu menghitung nilai tegangan fasa yang sudah diserikan, tujuannya untuk mendapatkan nilai tegangan antar fasa.

b) Menghitung nilai tegangan setelah diserikan

$$E_{seri} = E_{coil} \times 4 \dots \dots \dots (2)$$

Contoh perhitungan pada baris pertama :

$$coil\ 1\ (U) = E_{coil} \times 4 = 1,04496894\ v \times 4 = 4,179876\ v$$

$$coil\ 2\ (V) = E_{coil} \times 4 = -2,96859\ v \times 4 = -11,8744\ v$$

$$coil\ 3\ (W) = E_{coil} \times 4 = 5,854265\ v \times 4 = 5,854265\ v$$

Tabel 2. Tegangan Fasa 4 Seri PMSG 12 slot 8 pole ¼ Model
Variasi Arah Putar Rotor

Tegangan Fasa 4 Seri		
Coil (v)		
Coil 1 (U)	Coil 2 (V)	Coil 3 (W)
4,179876	-11,8744	5,854265
2,401119	-11,4592	7,738012
0,000364	-9,58106	9,580815
-2,40094	-7,73842	11,45933
-4,18234	-5,85297	11,87545
-5,85312	-4,18207	11,87541
-7,73817	-2,40134	11,45935
-9,58096	8,5E-05	9,580961
-11,4594	2,401263	7,738238
-11,8752	4,181283	5,853776

-11,8753	5,8531	4,181965
-11,4601	7,738987	2,401315
-9,58041	9,580709	-0,00025
-7,73883	11,4597	-2,40101
-5,85363	11,87596	-4,18214
-4,182	11,87521	-5,85301
-2,40094	11,45935	-7,73861
-0,00019	9,580409	-9,58002
2,401575	7,738909	-11,4608
4,181731	5,853605	-11,8752
5,853691	4,181541	-11,8752
7,739037	2,400852	-11,46
9,580751	-2E-05	-9,58063
11,45978	-2,40097	-7,73875
11,87511	-4,18178	-5,85352
11,87519	-5,85355	-4,18168
11,4601	-7,73897	-2,40096
9,579261	-9,57891	-0,00032
7,739303	-11,4611	2,401447
5,853846	-11,8753	4,181666
4,180742	-11,8752	5,8543

Tegangan fasa 4 seri dapat digunakan untuk perhitungan yang menghasilkan Vdc. Untuk mendapatkan Vdc langkah selanjutnya adalah menghitung tegangan antar fasa dari hasil tabel sebelumnya.

c) Tegangan antar fasa :

Contoh perhitungan pada baris pertama :

Tegangan antara *coil 1* dan *coil 2*

$$v_{UV} = v_U - v_V \dots\dots\dots(3)$$

$$= v_U - v_V = 4,179876 - (-11,8744) = 16,05426 \text{ v}$$

Tegangan antara *coil 2* dan *coil 3*

$$v_{VW} = v_V - v_W \dots\dots\dots(4)$$

$$= v_V - v_W = -11,8744 - 5,854265 = -17,7286 \text{ v}$$

Tegangan antara *coil 3* dan *coil 1*

$$v_{WU} = v_W - v_U \dots\dots\dots(5)$$

$$= v_W - v_U = 5,854265 - 4,179876 = 1,674389 \text{ v}$$

Tabel 3. Tegangan Antar Fasa PMSG 12 slot 8 pole ¼ Model
Variasi Arah Putar Rotor

Tegangan Antar Fasa (v)		
v_{uv}	v_{vw}	v_{wu}
16,05426	-17,7286	1,674389
13,86034	-19,1972	5,336893
9,581425	-19,1619	9,580451
5,337479	-19,1977	13,86027
1,670638	-17,7284	16,05778
-1,67105	-16,0575	17,72853
-5,33682	-13,8607	19,19752
-9,58105	-9,58088	19,16192
-13,8607	-5,33697	19,19765
-16,0565	-1,67249	17,72902
-17,7284	1,671135	16,05724
-19,1991	5,337672	13,86146
-19,1611	9,580954	9,580163
-19,1985	13,8607	5,33782
-17,7296	16,05809	1,671489
-16,0572	17,72822	-1,67101
-13,8603	19,19796	-5,33767
-9,5806	19,16043	-9,57983
-5,33733	19,19972	-13,8624
-1,67187	17,72879	-16,0569
1,67215	16,05669	-17,7288
5,338185	13,86083	-19,199
9,58077	9,580614	-19,1614
13,86075	5,337779	-19,1985
16,05689	1,671737	-17,7286
17,72874	-1,67187	-16,0569
19,19907	-5,338	-13,8611
19,15817	-9,57858	-9,57959
19,20043	-13,8626	-5,33786
17,72916	-16,057	-1,67218
16,05598	-17,7295	1,673558

Dari hasil perhitungan di atas nilai Vdc atau nilai maksimum selisih antar fasa yang didapatkan yaitu 19,1972 v. Sebelum mencari nilai Ke (konstanta *Back EMF*) hitung frekuensi yang didapatkan. Dalam penelitian ini Ke dapat mewakili kuat medan magnet, jumlah lilitan dan jari-jari motor atau generator.

Pada desain ini rotor dirotasikan tiap 3° per 0,5 ms = 0,0005 s. Berarti untuk rotasi mekanikal 360° membutuhkan waktu 60 ms = 0,06 s.

d) Mencari f (*frequency*) dan ω (kecepatan angular) :

$$f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots(6)$$

$$= \frac{1}{0,06s} = 16,6667 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi \times f \dots\dots\dots(7)$$

$$= 6,28 \times 16,6667 \text{ Hz} = 104,6667 \text{ rad/s}$$

e) Menentukan rpm pada generator :

$$2\pi \text{ rad} = 1 \text{ putaran} \dots\dots\dots(8)$$

$$2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1 \times 60\text{s} = 60 \text{ rpm}$$

$$104,6667 \text{ rad} = 104,6667 \times \frac{1}{2\pi} \text{ putaran}$$

$$104,6667 \text{ rad} = \frac{52,333}{\pi} \text{ putaran}$$

Lalu dirubah dalam bentuk rpm

$$\frac{\frac{52,333}{\pi} \text{ putaran}}{\frac{1}{60 \text{ menit}}} = \frac{52,333 \times 60 \text{ menit}}{1 \times \pi} = \frac{3.139,8}{3,14} = 999,9 = 1000 \text{ rpm}$$

f) Mencari nilai K_e :

$$K_e = \frac{V_{dc \text{ rata-rata}}}{\omega} \dots\dots\dots(9)$$

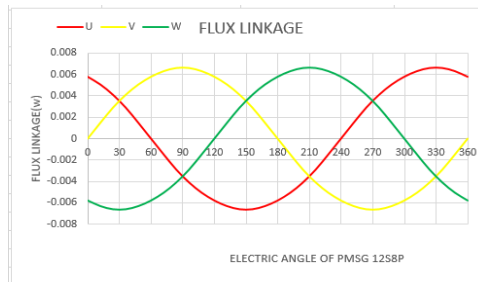
$$= \frac{19,1972 \text{ v}}{104,6667 \text{ rad/s}} = 0,189145163 \text{ Vs/rad}$$

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan kecepatan angular yang dibutuhkan untuk merotasikan rotor adalah 104.6667 rad/s atau 1000 rpm.

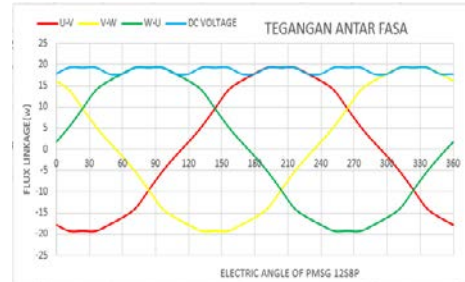
3.3 Analisa Gelombang Hasil

Setelah tabel dan perhitungan selesai, hasil dari *Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole* ¼ model variasi arah putar rotor mendapatkan gelombang sebagai berikut:

Gelombang PMSG 12 slot 8 pole variasi arah rotor *counter clockwise*

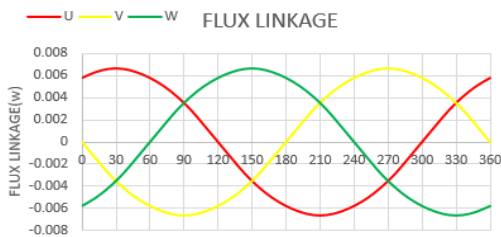


Gambar 6. *Flux linkage counter clockwise*

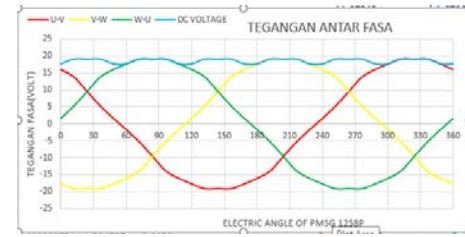


Gambar 7. *Tegangan antar fasa counter clockwise*

Gelombang PMSG 12 slot 8 pole variasi arah rotor *clockwise*



Gambar 8. *Flux linkage clockwise*



Gambar 9. *Tegangan antar fasa clockwise*

Berdasarkan hasil gelombang diatas dapat dianalisa bahwa gelombang yang dihasilkan adalah gelombang sinus, yang mana pada gelombang *flux linkage* sumbu x merupakan perbedaan sudut 1 fasa dalam 1 periode. Gelombang *flux linkage* digunakan untuk menunjukkan fasa U-V-W yang sudah seimbang dan konfigurasi alur lilitan dimana tiap fasa memiliki perbedaan sudut sebesar 120° . Gelombang tegangan antar fasa memiliki sumbu x dan y dimana sumbu x menunjukkan perbedaan sudut 1 fasa dalam 1 periode dan sumbu y menunjukkan tegangan, gelombang tegangan antar fasa dapat menunjukkan tegangan maksimal yang didapat.

Pada gambar 6 gelombang *flux linkage counter clockwise* menunjukan bahwa fasa V pada dengan sumbu 0 positif, lalu fasa U pada sumbu 0,006, dan fasa W dimulai dengan -0,006. Sedangkan untuk *flux linkage counter clockwise* gambar 8 dimulai dengan fasa V sumbu 0 negatif, fasa U 0,006 dan fasa W -0,006. Pada gambar 7 yaitu tegangan antar fasa *counter clockwise* fasa UV dimulai dengan -20, fasa VW dimulai dengan 15, dan fasa WU dimulai dengan sumbu 0 positif. Sedangkan untuk tegangan antar fasa *clockwise* pada gambar 9, fasa UV dimulai dengan 15, fasa VW dimulai dengan -20, dan fasa WU dimulai dengan sumbu 0 positif. Tegangan antar fasa dapat menunjukkan tegangan maksimal yang didapat, yaitu 19 v. *counter clockwise* menunjukkan tegangan 19 v dan *flux linkage*. Kedua gelombang

tegangan antar fasa pada fasa WU mencapai puncak terlebih dahulu. Gambar 7 dan 9 menunjukkan tegangan *max* sebesar 19 v. Tegangan dapat dilihat pada gambar 7 dan 9,

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot 8 pole* variasi arah rotor ini memiliki kesimpulan :

- 1) Perancangan generator menggunakan $\frac{1}{4}$ model yang akan berulang setiap 90° dan memiliki 3 *slot* kumparan dan 2 kutub magnet.
- 2) Frekuensi yang didapat 16 Hz, lalu kecepatan putar yang digunakan 1000 rpm dan lilitan yang digunakan 10 lilitan.
- 3) Tegangan maksimal yang didapat 19 v.
- 4) Vdc dan Ke yang digunakan menggunakan nilai yang sama. Vdc dalam percobaan ini akan mempengaruhi tegangan dan gelombang.
- 5) Variasi arah rotor hanya berpengaruh pada bentuk awal gelombang, masing-masing variasi arah rotor memiliki awalan gelombang pada *flux linkage* dan tegangan antar fasa yang berbeda.

PERSANTUNAN

Segala puji bagi Allah SWT atas semua rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas ahir ini dengan tepat waktu. Penyelesaian tugas ahir ini didukung oleh beberapa pihak yang terlibat, saya ucapkan terimakasih kepada :

- 1) Kedua orang tua saya yang selalu mendukung saya dalam bentuk material maupun *non* material.
- 2) Bapak Agus Supardi, ST., MT selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing dari awal hingga ahir.
- 3) Dosen – dosen Teknik elektro UMS yang memberi ilmu dan mengajar saya dari semester awal hingga ahir
- 4) Teman-teman teknik elektro 2017 yang sudah memberi banyak wejangan.
- 5) Teman-teman sayap kiri dan teman-teman yang senantiasa selalu mendukung saya dalam hal apapun.

- 6) Teman-teman dan tutor di Lentera Bumi Nusantara termasuk Ricky Elson yang selalu memberi *new experience and many knowladge*.
- 7) *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian Augustin Pop, F. J. (2013). *Axial-flux vs. radial-flux permanent-magnet synchronous generators for micro-wind turbine application*. 013 *15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE)*, 2013, pp. 1-10, doi: 10.1109/EPE.2013.6634639.
- K. Amei, Y. T. (2002). *A maximum power control of wind generator system using a permanent magnet synchronous generator and a boost chopper circuit*. vol.3, doi: 10.1109/PCC.2002.998186., 1447-1452.
- L. Wang, Y. L. (2018). *Diagnosis of Inter-Turn Short Circuit of Synchronous Generator Rotor Winding Based on Volterra Kernel Identification*. *energies*2018, 11(10), 2524.
- O. Gol, B. S.N. (2003). *Use of impedance models in permanent magnet synchronous generator design*. *Sixth International Conference on Electrical Machines and Systems*.
- Saady. (2013). *Analysis of Wind Turbine Driven Permanent Magnet Synchronous Generator under Different Loading Conditions*. *Innovative Systems Design and Engineering* www.iiste.org.
- Silva, E. V. (2019). *A Proposal of Expansion and Implementation in Isolated Generation Systems Using Self-Excited Induction Generator With Synchronous Generator*. vol. 7, pp. 117188-117195, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2937229., 117188 - 117195.